

31 (2004) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefasst

K. Bay, P. Brandstät, N. Rambašek

Minderung der Lüftungsgeräusche einer E-Lok BR-182*

Thermodynamische, strömungsmechanische und akustische Kopplung

Elektrisch angetriebene Schienenfahrzeuge führen eine Vielzahl von Lüftungssystemen mit sich, die im Allgemeinen der Kühlung von Antriebskomponenten dienen. Diese Lüftungssysteme bestimmen das Geräusch im Stillstand der E-Lok. Das betrachtete Lüftungssystem soll bei vorgegebenem Umgebungsdruck, Eingangstemperatur und maximaler Temperaturerhöhung eine geforderte Kühlleistung erbringen. Diese Wärmemenge (Kühlleistung) ist unter oben genannten Randbedingungen abzuführen, wofür ein entsprechender Massenstrom benötigt wird. Der Massenstrom ist über die Dichte, also über Druck und Temperatur, mit dem Volumenstrom verknüpft. Der resultierende Volumenstrom ist von einem oder mehreren Ventilatoren gegen den Gesamtdruckverlust des Lüftungssystems aufzubringen. Der Gesamtdruckverlust des Lüftungssystems ist von den Druckverlustanteilen der einzelnen Komponenten wie z.B. Einlassgitter, Kühler, Auslassöffnung und denen des Kanalsystems abhängig. Die Druckverlustanteile der Komponenten sind von der lokalen Strömungsgeschwindigkeit abhängig und somit mit dem Volumenstrom verknüpft. Für einen optimalen Wirkungsgrad sollte der Arbeitspunkt des Ventilators, bestimmt

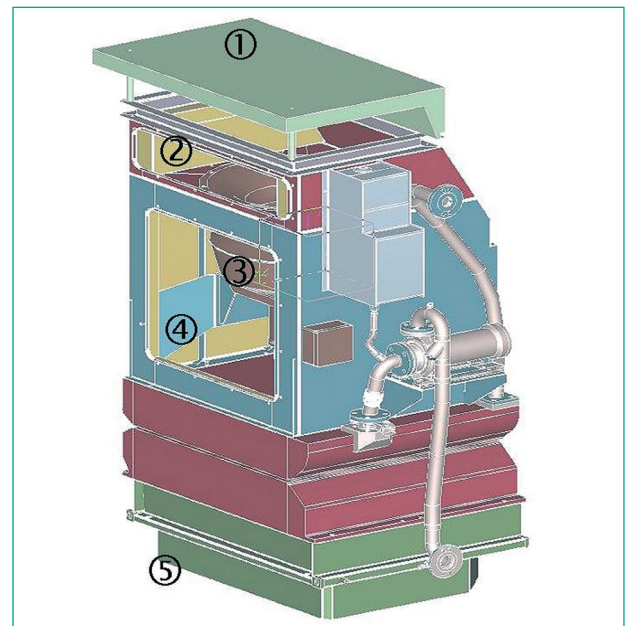


Bild 2: Skizze des modifizierten Öl/Wasser-Kühlturms.

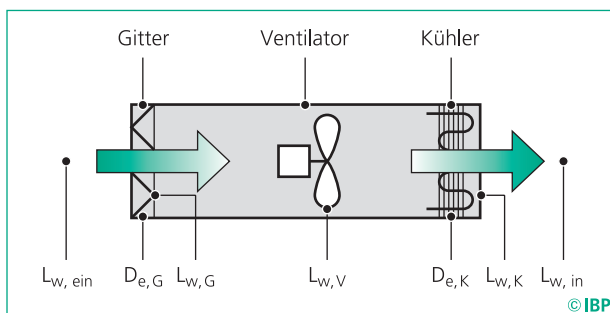


Bild 1: Anordnung der Komponenten mit Schalleistung L_w und Dämpfung D_e .

durch Gesamtdruckverlust und Volumenstrom, dem des erforderlichen Massenstroms des Lüftungssystems entsprechen. Diese strömungsmechanische Optimierung führt zu einer Reduzierung des Ventilatorgeräusches. Massenstrom, Temperatur, Druck sowie geometrische Abmessungen der Komponente bestimmen die lokale Strömungsgeschwindigkeit. Mit diesen Parametern kann die Schalleistung und die Dämpfung der Komponente nach [1-4] berechnet werden.

Bild 1 zeigt den schematischen Aufbau eines Lüftungssystems für die Modellbildung. Die Dämpfungen und Schalleistungen sind in Strömungsrichtung den einzelnen Komponenten zugeordnet. Für jede Komponente wird ein an der jeweiligen Öffnung anliegender Teil-Schalleistungspegel ermittelt. Nach [1] wird die Schalleistung einer Komponente in Richtung der Lüftungsöffnung mit den entsprechenden

* Vortrag „Mitigation of the ventilation noises at the electric locomotive BR-182“, CFA/DAGA 04, Strasbourg, März 2004, Abstr. p. 264

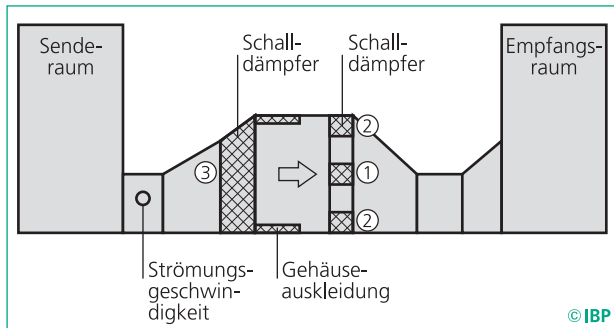


Bild 3: Skizze des in den Schalldämpfer-Prüfstand eingebauten modifizierten Kühlturms. 1,2 = druckseitige Schalldämpfer, 3 = saugseitige Schalldämpfer.

Dämpfungen der in dieser Richtung liegenden Komponenten bewertet. Die Teil-Schalleistungen werden anschließend zu einem Gesamtschalleistungspegel der Lüftungsöffnung zusammengefasst.

Prognose und Auslegung

Das Lüftungssystem des Öl/Wasser-Kühlturms wurde wie oben beschrieben modelliert. In diesem System stellt der Ventilator die Hauptschallquelle dar. Zur Auslegung eines modifizierten Öl/Wasser-Kühlturms wurden unterschiedliche Komponentenanordnungen modelliert, um maximale Geräuschminderung zu erzielen. Wird zum Beispiel der Ventilator in Strömungsrichtung hinter dem Kühler (Warmluftseite) eingebaut, so muss dort, durch Temperaturerhöhung, ein größerer Volumenstrom gefördert werden. Dies geht mit einer Erhöhung des Ventilatorgeräusches einher. Als günstig erweist sich hingegen der Einbau zweier Ventilatoren, da beide Ventilatoren nur den halben Volumenstrom fördern müssen. Der in der E-Lok vorgegebene Einbauplatz erlaubt allerdings nur eine Modifizierung des Lüftungssystems innerhalb des vorgegebenen geometrischen Rasters. Eine ausreichende Geräuschminderung konnte nur durch zusätzlichen Einbau von Schalldämpfern erreicht werden. Einbauten in den Lüftungsstrom führen jedoch ihrerseits zu einer Erhöhung des Gesamtdruckverlustes. Zur Aufrechterhaltung des vorgegebenen Massenstroms muss die Ventilatorleistung erhöht werden. Effektive Geräuschminderung kann somit nur durch optimale Anpassung des Ventilators an das Lüftungssystem

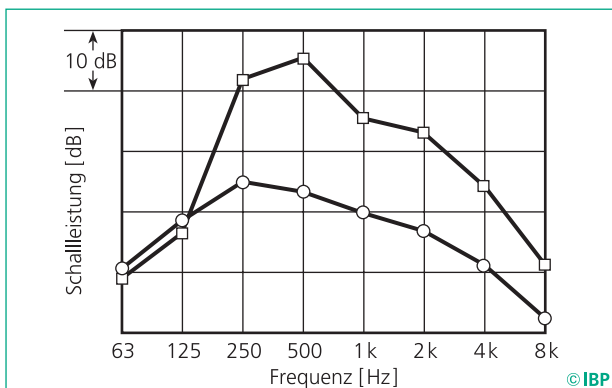


Bild 4: Druckseitiger A-bewerteter Oktav-Schalleistungspegel als Funktion der Frequenz. Symbole: □ Original-Kühlturm, ○ modifizierter Kühlturm.

erreicht werden. Daraus leiten sich folgende Maßnahmen zur Geräuschminderung am Öl/Wasser-Kühlturm nach **Bild 2** ab: Einbau von saug- und druckseitigen Schalldämpferkulisen (2 und 5), Bedämpfung des Ventilatorgehäuses durch absorbierende Auskleidung (4), optimale Anpassung des Ventilatorarbeitspunktes an die Randbedingungen und das Lüftungssystem. Zusätzlich wurde saugseitig ein bedämpfter Dachaufbau (1) angebracht.

Ergebnisse


Zur Bestimmung der Schalleistung, mit dem Ventilator des Kühlturms als Schallquelle, wurde der Öl/Wasser-Kühlturm wie in **Bild 3** dargestellt in den großen Schalldämpfer-Prüfstand des Fraunhofer IBP [5, 6] eingebaut. Der geförderte Volumenstrom konnte dadurch im Anströmkanal gemessen werden. Die Ermittlung der Schalleistung an Ein- und Auslassöffnung erfolgte in Anlehnung an [7] im Send- und Empfangsraum des Prüfstandes. Die Messungen wurden mit konstanter Ansteuerfrequenz des Ventilatorstroms von 60 Hz durchgeführt. In **Bild 4** sind die an der Auslassöffnung ermittelten Spektren der Oktav-Schalleistungspegel des originalen und modifizierten Kühlturms (ohne Dachaufbau) aufgetragen.

Zusammenfassung

Durch die Verknüpfung thermodynamischer Vorgaben mit strömungsmechanischen und akustischen Anforderungen konnte die systemtechnische Aufgabe der Minderung der Lüftungsgeräusche in ein Berechnungsmodell umgesetzt werden. Dieses Modell liefert wichtige Tendenzen und Hinweise zur Umsetzung von Geräuschminderungs-Maßnahmen. Am Beispiel des Öl/Wasser-Kühlturms wurde gezeigt, wie anhand dieser Modellierung eine erhebliche Geräuschreduzierung erreicht werden kann. Durch die Zusammenarbeit verschiedener Hersteller, Zulieferer und Forschungseinrichtungen konnten, fachübergreifend und sich ergänzend, Modellbildung und Untersuchungen als Teil des vom BMBF geförderten Forschungsprojektes „Leise Züge und Trassen“ durchgeführt werden.

Literatur

- [1] VDI 2081: Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluft-technischen Anlagen, 2001.
- [2] Neise, W.: Grundlagen der Schallentstehung und Lärminderungsmaßnahmen bei Ventilatoren. In: Handbuch Ventilatoren: Bommers, L.; Fricke, J.; Klaes, K (Hrsg.). Essen: Vulkan, 1994.
- [3] Kurze, U.: Schallabstrahlung an der Austrittsöffnung von Kanälen. *Acustica* 20 (1968), 253-263.
- [4] Brandstät, P.; Frommhold, W.: Berechnung von Schalldämpfern auf PC. *Heizung, Lüftung, Haustechnik* HLH 45 (1994), 211-217.
- [5] Ackermann, U.: Messungen an Schalldämpfern in Kanälen, *Bauphysik* 13 (1991), 77-84.
- [6] Brandstät, P.; Eckoldt, D.; Krämer, M.: Umbau der Schalldämpfer-Prüfstände - neue Prüfmöglichkeiten. *IBP-Mitteilungen* 27 (2000), Nr. 372.
- [7] DIN EN ISO 7235: Messungen an Schalldämpfern in Kanälen, 1995.



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK IBP

Institutsleitung: Prof. Dr. Gerd Hauser
Prof. Dr. Klaus Sedlbauer

D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00
D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0